

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-129946

(43)Date of publication of application : 19.05.1995

J1002 U.S. PTO  
10/025784  
12/26/01

(51)Int.Cl.

G11B 5/66

(21)Application number : 05-277687

(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD

(22)Date of filing : 08.10.1993

(72)Inventor : ANDO TOSHIO  
MIZUKAMI MAKOTO

(30)Priority

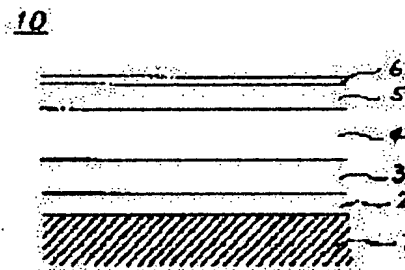
Priority number : 05251178 Priority date : 13.09.1993 Priority country : JP

## (54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To prevent the demagnetization of a medium due to turning, to reduce medium noise, to attain high reproduction output and to obtain a perpendicular magnetic recording medium having high performance and high quality.

**CONSTITUTION:** A soft magnetic underlayer 4 and a perpendicular magnetic recording layer 5 are successively formed on a discoid substrate 1 to obtain a perpendicular magnetic recording medium 10, a hard magnetic underlayer 3 having magnetization whose entire direction is toward the periphery or center of the substrate 1 in the radial direction is interposed between the substrate 1 and the soft magnetic underlayer 4.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.09.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2947029

[Date of registration] 02.07.1999

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-129946

(43) 公開日 平成7年(1995)5月19日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 5/66

識別記号

庁内整理番号

9196-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平5-277687

(22) 出願日 平成5年(1993)10月8日

(31) 優先権主張番号 特願平5-251178

(32) 優先日 平5(1993)9月13日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004329

日本ビクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

(72) 発明者 安藤 敏男

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内

(72) 発明者 水上 誠

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内

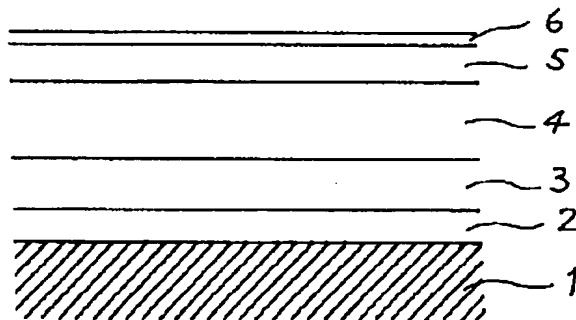
(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録媒体

(57) 【要約】

【目的】 媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来るようにし、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体を提供する。

【構成】 円板状の基板1と、この基板1上に形成された軟磁性下地層4と、この軟磁性下地層4上に形成された垂直磁気記録層5とを備えた垂直磁気記録媒体10において、前記基板1と前記軟磁性下地層4との間に、全ての磁化方向が前記基板1の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかである磁化を有する硬磁性下地層3を設けた。

10



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかである磁化を有する硬磁性下地層を設けた事の特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 2】円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記基板の面内である面内配向硬磁性下地層を設けた事の特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 3】円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記半径方向である半径配向硬磁性下地層を設けた事の特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 4】請求項 3 に記載の垂直磁気記録媒体であって、前記半径配向硬磁性下地層を Sm (サマリウム) を含む Co 合金膜とした事の特徴とする垂直磁気記録媒体。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、垂直磁気記録媒体に係り、特に軟磁性下地層を有する 2 層膜媒体に関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】垂直磁気記録は、面内磁気記録よりも高密度記録ができることから注目されており、これに用いる媒体としては、非磁性基板上に形成された軟磁性下地層と垂直磁気記録層とからなる 2 層膜媒体が多く検討されている。このような 2 層膜媒体は、単磁極型ヘッドと組み合わせることにより、効率の良い磁気記録再生ができる。中でも、Co-Zr 系アモルファス軟磁性膜を下地層とする 2 層膜媒体は、垂直配向性の鋭い垂直磁気記録層を得ることができるため、記録効率の向上には特に有効である。

【0003】しかし、この 2 層膜媒体をディスク状の媒体として用いる場合には、信号記録後に、媒体を回転させているだけで時間とともに減磁して、信号強度が減衰してしまうという問題がある。この減磁現象は、媒体が回転する際に、地磁気等の外部磁界の影響により、アモルファス軟磁性下地層の磁化が容易に反転し、これに伴う強い垂直磁界を発生する磁壁の移動により、垂直磁気

記録層の記録情報が消去されるためと考えられている。

【0004】そこで、本願出願人は先に、特願平 4-103490 号において、上記軟磁性下地層の上に針状粒子を形成して表面に凹凸をつけることによって、減磁を解消する方法を提案した。これを第 1 の従来例として説明する。図 3 は、係る第 1 の従来例及び第 2 の比較例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。同図において、21 は鏡面研磨した円板状のガラス基板であり、このガラス基板 21 の上には、例えば Co-Zr を含むアモルファスの薄膜よりなる軟磁性下地層 24 が形成されている。そして、この軟磁性下地層 24 の表面には、多数の針状粒子 27 が形成される。この針状粒子 27 としては軟磁性下地層 24 の構成材料である Co-Zr 系合金と固溶しにくい材料、例えば Cu、Sn、Zn、Al、Cd、Pb 等の金属やホイスカを形成し易いものを用いる。そして、この針状粒子 27 の上に垂直磁気記録層 25 が形成され、この垂直磁気記録層 25 の上には保護層 26 が形成された構成になっている。

【0005】そして、このような構成の垂直磁気記録媒体 12 では、軟磁性下地層 24 の磁壁の移動が、針状粒子 27 の存在により抑制されるため、軟磁性下地層 24 の保磁力 Hc をある程度大きくすることができ、外部磁界の影響による経時変化を抑えることができ、従って減磁の問題を解消する事ができる。

【0006】また、本願出願人はさらに、特願平 5-63528 号において、上記軟磁性下地層と基板との間にカーボン層を設けた後、真空中で熱処理することによって、減磁を解消する方法も提案した。これを第 2 の従来例として説明する。図 9 は、第 2 の従来例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。同図において、31 は鏡面研磨した円板状のガラス基板であり、このガラス基板 31 の上には、例えば 50 nm の膜厚のクロム層 32 が形成されている。このクロム層 32 の上には、カーボン層 37 が形成されている。このカーボン層 37 の上には、例えば Co-Zr-Nb 系のアモルファスの薄膜よりなる軟磁性下地層 34 が形成されている。そして、この軟磁性下地層 34 の上には、例えば Co-Cr-Ta 系のアモルファス薄膜よりなる垂直磁気記録層 35 が形成され、この垂直磁気記録層 35 の上には、例えば SiO<sub>2</sub> よりなる保護層 36 が形成されている。このような構成を有する垂直記録媒体 13 を、真空中で、回転磁界を作用させながら、熱処理を行う。

【0007】このようにして得られる垂直磁気記録媒体 13 においては、カーボンが、軟磁性下地層 34 中に拡散されることにより、軟磁性下地層 34 の結晶化温度が低くなり、比較的低温の熱処理により軟磁性下地層 34 の結晶化を制御して、その保磁力 (Hc) を適度な値に上昇することができるため、減磁を生じない垂直磁気記録媒体 13 を得ることができる。

**【0008】**

【発明が解決しようとする課題】ところで、以上説明した方法は、いずれも軟磁性下地層の抗磁力( $H_c$ )を高くすることによって、媒体回転に伴い発生する減磁を防止するものである。軟磁性下地層の $H_c$ を高くする事は、この軟磁性下地層の透磁率 $\mu$ を低下させる事になり、垂直記録媒体からの高い再生出力を得るには不利となる。また、軟磁性下地層と垂直磁気記録層とから構成される垂直磁気記録媒体においては、軟磁性下地層に磁壁が存在するため、この磁壁に起因する媒体ノイズが発生する。

【0009】そこで、本発明は上記の点に着目して、垂直磁気記録媒体において、媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来るようにし、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1による本発明の垂直磁気記録媒体は、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかである磁化を有する硬磁性下地層を設けた事により、上述の目的を達成するものである。

【0011】また、請求項2による本発明の垂直磁気記録媒体は、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記基板の面内である面内配向硬磁性下地層を設けた事により、上述の目的を達成するものである。

【0012】また、請求項3による本発明の垂直磁気記録媒体は、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記半径方向である半径配向硬磁性下地層を設けた事により、上述の目的を達成するものである。

【0013】また、請求項4による本発明の垂直磁気記録媒体は、請求項3に記載の垂直磁気記録媒体であって、前記半径配向硬磁性下地層をSm(サマリウム)を含むCo合金膜とした事により、上述の目的を達成するものである。

【0014】

【実施例】以下、添付図面を参照して本発明の実施例について説明する。

<実施例1>図1は、本発明の垂直磁気記録媒体の第1

の実施例の構成を模式的に示す部分断面図である。同図に示すように、この垂直磁気記録媒体10は、鏡面研磨した円板状のガラス基板1と、このガラス基板1の上に順に形成されたクロム層2、硬磁性下地層3、軟磁性下地層4、垂直磁気記録層5及び保護層6とから構成されている。

【0015】以下、本発明の実施例1についてその具体的な製造方法を説明する。ガラス基板1に形成する各層2、3、4、5、6の成膜は、図7にその電極付近の概略断面図を示したときDCマグネトロンスパッタ装置を用いておこなった。この装置では、例えばCo-Zr-Nbのごときターゲット43の下方中央部には、第1の希土類永久磁石41が、ターゲット43の下方外周部には第2の希土類永久磁石42が配置されており、これら第1と第2の希土類永久磁石41、42の極性は、図7中に示したようにそれぞれ逆にしてある。また、ターゲット43の上方には、鏡面研磨した円板状のガラス基板1が配置されている。このような配置によって、ガラス基板1は前記した第1と第2の希土類永久磁石41、42によって常にその半径方向に約4kA/mの磁界が加えられる構成になっている。なお、これらの希土類永久磁石41、42はマグネトロンの磁石としても作用し、ターゲット43近傍のプラズマを集束させてハイレートで成膜することにも寄与するものである。

【0016】また、この装置による成膜条件は、ガス圧0.067PaのAr雰囲気、電力密度を1.0~2.0W/cm<sup>2</sup>、ターゲット-基板間距離を60mm、基板温度を150℃~250℃とした。なお、ターゲット43は硬磁性下地層3用として直径203mmのCo-Cr15-Ta4at%合金を使用し、軟磁性下地層4用として直径203mmのCo-Zr7-Nb5at%合金を使用し、垂直磁気記録層5用として同サイズのCo-Cr15-Ta4at%合金を使用し、保護層6用として同サイズのSiO<sub>2</sub>を使用した。

【0017】まず、直径95mmの鏡面仕上げのソーダライムガラス基板1上にクロム層2を50乃至100nmの膜厚で成膜し、その上に、Co-Cr15-Ta4at%合金をターゲット43として硬磁性下地層3を25乃至200nmの膜厚で成膜した。クロム層2は、硬磁性下地層3の磁化を面内配向させるために設けたものである。なお、実際には、記録再生特性及び磁気特性に対する硬磁性下地層3の膜厚依存性を見るために硬磁性下地層3の膜厚について、25nm、50nm、100nm、200nmの各膜厚のサンプルをそれぞれ複数個製作した。

【0018】次いで、Co-Zr7-Nb5at%合金をターゲット43として軟磁性下地層4を500nm成膜後、直ちにCo-Cr15-Ta4at%合金をターゲット43として垂直磁気記録層5を75nm成膜した。ここで直ちに成膜することにより、Co-Zr-Nbと

Co-Cr-Taとが直接結合し、強く垂直配向する垂直磁気記録層5が得られる。最後に保護層6としてSiO<sub>2</sub>を10nm形成した。このようにして成膜を終えた後、磁界中熱処理を行った。図8は、垂直磁気記録媒体10の製造工程の1つである磁界中熱処理を説明するための概念図である。図8に示すように、10<sup>-3</sup>Pa以下の真空中雰囲気において、24kA/mの磁界中で成膜後の垂直磁気記録媒体10をその回転中心軸9の回りに回転させながら、300℃で、3時間の熱処理を行なって、垂直磁気記録媒体10を得た。

【0019】ここで、本実施例1と特性比較するために、比較例1及び2の垂直磁気記録媒体を製作した。比較例1の垂直磁気記録媒体11は、図2に示すように構成されており、ガラス基板1と、この上に順に形成された軟磁性下地層4、垂直磁気記録層5及び保護層6とからなる。各層4、5、6の材質及び成膜条件は、上述の実施例1の場合と同一である。

【0020】比較例2の垂直磁気記録媒体12は、図3に示した第1の従来例と同一の構成とした。具体的には、軟磁性下地層24、垂直磁気記録層25、保護層26及び針状粒子27を成膜ないし形成するために、上述した図7に示される構造のDCマグネトロンスパッタ装置を使用した。ターゲット43は、軟磁性下地層24用として、直径203mmのCo-Zr7-Nb5at%合金上に、不純物としてのCu(7×7×1mm)をエロージョンエリア上に16個配置したものをを用い、また垂直磁気記録層25用として、同サイズのCo-Cr15-Ta4at%合金を用い、保護層26用として、同サイズのSiO<sub>2</sub>を用いた。基板21としては、直径95mmの鏡面仕上げしたソーダライムガラスを用いた。

【0021】成膜条件は、ガス圧0.067PaのAr雰囲気とし、電力密度を1.0~2.0W/cm<sup>2</sup>とし、ターゲット-基板間距離を60mmとし、基板温度

を150℃とした。まず、ガラス基板21上に、軟磁性下地層24を500nmの厚さに形成し、直ちに垂直磁気記録層25を75nmの厚さに形成し、その後保護層26を20nmの厚さに形成し、垂直磁気記録媒体12を得た。なお、軟磁性下地層24を形成するとき、ターゲット43には、針状粒子27形成用の不純物としてのCuが配置されているので、軟磁性下地層24の表面には多数のCu針状粒子27が形成されている。

【0022】次に、これらのサンプル（実施例1、比較例1及び比較例2）の特性評価結果について説明する。まず、記録再生特性について述べる。なお、これらのサンプルについての記録再生特性は、トラック幅8μm、主磁極厚0.4μm、コイル巻数60ターンの単磁極ヘッドを用い、ディスク回転数2070rpm、線速度8m/s、ヘッド浮上量80nmの条件で測定を行なった。

【0023】100kHzの矩形波信号を記録再生し、オシロスコープによって孤立波再生出力E<sub>p-p</sub>(nV/(μm·t·m/s))を測定した。ここで、再生出力は、トラック幅(μm)、コイル巻数(t)及び線速度(m/s)で、規格化してある。6.67MHzの信号を記録再生し、そのときのノイズ成分とシステムノイズとの差分を、帯域16MHzにわたってスペクトルアナライザにより測定し、媒体ノイズ(μV<sub>rms</sub>)を得た。また、垂直磁気記録媒体を回転開始した直後の再生出力と、2×10<sup>4</sup>回転後の再生出力の比を減磁量(dB)とした。一方、垂直磁気記録媒体の磁気特性については、VSMで評価した。各試料につき、M-H曲線を測定し、軟磁性下地層/硬磁性下地層の複合層の透磁率μを得た。以上の測定結果を、表1に示す。

【0024】

【表1】

特性 試料	E <sub>p-p</sub> (nV/(μm·t·m/s))	ノイズ (μV <sub>rms</sub> )	減磁量 (dB)	透磁率μ (注1)
実施例1	118	1.4	0.13	2500
比較例1	120	1.8	4.5	3000
比較例2	77	2.8	0.14	1500

注1：硬磁性下地層/軟磁性下地層からなる複合層の1MHzにおける透磁率を示す。

従って、比較例1及び2は軟磁性下地層の透磁率である。

【0025】表1によれば、本発明の実施例1の垂直磁気記録媒体10は、硬磁性下地層3を有しない比較例1に対して、再生出力は同等であるが、媒体ノイズは低下しており、結果として、S/Nが改善されており、減磁量については測定限界程度にまで改善されており、減磁

量を改善した比較例2と同等である。なお、透磁率については、本発明の実施例1においては、下地層が軟磁性下地層4のみからなる比較例1より劣るものの、針状粒子を形成した比較例2より高い値を示している。

【0026】次に、軟磁性下地層/硬磁性下地層の複合

層のM-H（磁化）曲線を説明する。図5は、本発明の垂直磁気記録媒体の第1の実施例を構成する軟磁性下地層4／硬磁性下地層3の複合層のM-H曲線を示すグラフ図であり、横軸は印加磁界の強度を、縦軸は磁化を、曲線l、mは飽和磁化曲線を、曲線n1、n2、n3はマイナーループをそれぞれ示す。なお、このM-H曲線の測定は基板の面内方向に磁界を印加して行ったので、垂直磁気記録層5があっても、この垂直磁気記録層5は、基板面に垂直方向に強い異方性を持つため、以下に述べる測定結果に影響を与えない事が分かっている。

【0027】まず、磁化されていない複合層に、正方向に増加する磁界Hを印加すると、図に示されていない初磁化曲線を辿り、正方向に磁化され、硬磁性下地層3を正方向に充分飽和する磁界強度である5000eでA点に達し、磁化Mは正方向に飽和する。次に、印加磁界Hを減少させると、磁化Mは曲線mを辿り減少していく。磁界Hが0に達すると、今度は負方向に磁界Hを増加させていく。磁界Hが $-H_c$ （抗磁力）に達すると、磁化Mは0となる。さらに、負方向に磁界Hを増加させると、複合層は負方向に磁化され、磁界Hが $-H_1$ （反転磁界とする）になるとB点に達する。

【0028】次に、B点において磁界を反転し、正方向に磁界Hを変化させていくと、M-H曲線はマイナーループを描き、曲線n1に沿って磁化Mは変化していく。そして、磁化Mが0となったときの磁界Hを $H_m$ （ $H_1$ ）として求める。さらに磁界Hを正方向に変化させていくと、正方向に磁化され、C点を経て、磁界Hが5000eになると再びA点に達する。この操作を繰り返し、正の飽和磁界から磁界Hを $-H_2$ まで減少させ、そこで正方向に変化させると曲線n2と $H_m$ （ $H_2$ ）、正の飽和磁界から磁界Hを $-H_3$ まで減少させ、そこで正方向に変化させると曲線n3と $H_m$ （ $H_3$ ）が得られる。なお、負方向に充分飽和する磁界強度は、 $-5000e$ でD点で示される。

【0029】一方、図6に、第2の比較例の垂直磁気記録媒体12を構成する軟磁性下地層4のM-H曲線を示す。同図において、横軸は印加磁界の強度を、縦軸は磁化を、曲線r、sは飽和磁化曲線を、曲線t1、t2、t3はマイナーループをそれぞれ示す。なお、垂直磁気記録層25の測定に与える影響は、上述の本発明の実施例と同様に無視できる。

【0030】まず、磁化されていない針状粒子27を含む軟磁性下地層24に、正方向に増加する磁界Hを印加すると、図に示されていない初磁化曲線を辿り、正方向に磁化され、軟磁性下地層24を正方向に充分飽和する磁界強度である5000eでA'点に達し、磁化Mは正方向に飽和する。次に、印加磁界Hを減少させると、磁化Mは曲線sを辿り減少していく。磁界Hが0に達すると、今度は負方向に磁界Hを増加させていく。磁界Hが $-H_c$ （抗磁力）に達すると、磁化Mは0となる。さら

に、負方向に磁界Hを増加させると、軟磁性下地層24は負方向に磁化され、磁界Hが $-H_1'$ （反転磁界とする）になるとB'点に達する。

【0031】次に、B点において磁界を反転し、正方向に磁界Hを変化させていくと、M-H曲線はマイナーループを描き、曲線t1に沿って磁化Mは変化していく。そして、磁化Mが0となったときの磁界Hを $H_m$ （ $H_1'$ ）として求める。以下、上述の本実施例1の複合層の場合と同様に測定した。

【0032】このようにして、反転磁界Hと、反転磁界Hの時の磁化が0になる磁界 $H_m$ （H）との関係を求めたのが、図4であり、同図は、軟磁性下地層／硬磁性下地層の磁化曲線における規格化した印加（反転）磁界H／ $H_c$ （この $H_c$ は抗磁力である）とマイナーループの $H_m$ （H）との関係を示すグラフ図である。図4においては、複合層の硬磁性下地層3の膜厚を、25nm、50nm、100nm、200nmとしたときの結果と、比較例2の結果とを示してある。

【0033】本発明の実施例1のM-H曲線を示す図5において特徴的なのは、 $H_m$ （H）が負になっていることである。これは、図4において、 $H_m$ （H）が負の領域にラインが存在する事に相当する。図5には、A、B、C各点における磁化の方向を四角枠内の矢印で示してあり（上段は軟磁性下地層4、下段は硬磁性下地層3の磁化の方向をそれぞれ示す）、B点では、軟磁性下地層4のみが負の方向に反転し、硬磁性下地層3は正方向に磁化しているために、軟磁性下地層4と硬磁性下地層3との磁氣的相互作用により、C点では磁界は負であるにもかかわらず、軟磁性下地層4の磁化は正方向に復帰している。

【0034】図4において、本発明の実施例1では硬磁性下地層3の膜厚に係わらず、いずれも負の領域までラインが伸びており、磁氣的相互作用が強いことを示している。なお、後述の実施例2の説明において詳細に説明してあるが、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合膜について、それらの間に交換相互作用または静磁結合を仮定してシミュレーションを行い、M-H曲線を得ているが、この方法により、上述の磁氣的相互作用は交換相互作用であることが確認されている。

【0035】つまり、図5に示すように、見掛けの $H_c$ は約60eと減磁やスパイクノイズを防止するのに充分大きく、且つ、軟磁性下地層4自体の $H_c$ （soft）はそれよりもずっと小さい。その数値は、図4及び以下に示す式で推定できる。つまり、図4において、磁界Hによって $H_m$ （H）が変化しているのは、硬磁性下地層3の残存磁化が変化しているためであり、横軸が $|H|/H_c = 1$ の点（ $H_m$ （1））では、硬磁性下地層3の磁化変化がほとんど無いと考えられ、軟磁性下地層4の磁化だけが反転した状態であり、この $H_m$ （1）と $-H_c$ との差が軟磁性下地層4のみの場合の抗磁力（ $H_c$ （soft）

t) ) の2倍と考えられる。すなわち、次の式で表される。

$$H_c(\text{soft}) = \frac{H_m(1) - (-H_c)}{2} = \frac{H_m(1) + H_c}{2} \quad \begin{matrix} [0036] \\ \text{【数1】} \end{matrix}$$

【0037】これより、軟磁性下地層4自体の $H_c$  (soft) は、硬磁性下地層3が50nm以上のものでは $H_c$  の15% (10e) 程度、25nmのものでも40% (2~2.50e) 程度と評価され、軟磁性下地層4が本来持っている軟磁気特性を保持するのに充分小さい値である。このため、表1に示すように透磁率 $\mu$ 及び再生出力 $E_{pp}$ は高い値を維持している。これに対し図6に示す比較例2では、軟磁性下地層24そのものの $H_c$ が高くなっているため、 $H_m(H)$ は常に $H_c$ とほぼ等しく、図4のラインが負になることはない(なお、図6において、四角枠内の矢印は、 $A'$ 、 $B'$ 、 $C'$ 、 $D'$ 各点における磁化の向きを示す)。従って、軟磁気特性が損なわれており、透磁率 $\mu$ が低くなっている。このことと、またCuが添加してあるため、磁束密度が下がっていることで出力が低くなっている。

【0038】なお、本実施例1において、円板状ガラス基板上の硬磁性下地層を一方方向に磁化させるのには、硬磁性下地層を形成するDCマグネトロンスパッタ時の基板の半径方向に印加されている磁界によったが、これに限定されるものではなく、硬磁性下地層を形成後に、半径方向の一方方向に着磁すること等によっても磁化出来る事はいうまでもない。

【0039】<実施例2>図10は、本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例の構成を模式的に示す部分断面図である。同図に示すように、垂直磁気記録媒体50は、鏡面研磨した円板状のガラス基板1と、このガラス基板1の上に順に形成された硬磁性下地層53、軟磁性下地層4、垂直磁気記録層5及び保護層6とから構成されている。

【0040】以下、本発明の第2の実施例についてその具体的な製造方法を説明する。ガラス基板1に形成する各層53、4、5、6の成膜には、上述の実施例1の製造に際して使用した図7に示される構造のDCマグネトロンスパッタ装置を使用した。

【0041】成膜条件は、ガス圧0.067~0.13PaのAr雰囲気、電力密度を0.5~2.0W/cm<sup>2</sup>、ターゲット-基板間距離を60mm、基板温度を150℃~250℃とした。なお、ターゲット43は硬磁性下地層53用としては、直径203mmのCo上のエロージョンエリアとなるべき近辺に、Smのチップ(サイズ:5×5×1mm)を32~48個配置して構成した複合ターゲットを使用した。また、ターゲット43は、軟磁性下地層4用としては、直径203mmのCo-Zr5-Nb4at%合金を使用し、垂直磁気記録層5用としては、同サイズのCo-Cr15-Ta4at

%合金を使用し、保護層6用として同サイズのSiO<sub>2</sub>を使用した。

【0042】まず、直径95mmの鏡面仕上げされたソーダライムガラス基板1上に、上述したCo-Sm複合ターゲットをターゲット43として硬磁性下地層53を100乃至200nmの膜厚で成膜した。硬磁性下地層53中のSmの組成は、複合ターゲット上のSmチップ数と配置関係及びスパッタ電力によって変化するが、得られたSm組成比は11~33at%であった。

【0043】次いで、Co-Zr5-Nb4at%合金をターゲット43として軟磁性下地層4を500nm成膜後、直ちにCo-Cr15-Ta4at%合金をターゲット43として垂直磁気記録層5を75nm成膜した。ここで直ちに成膜することにより、Co-Zr-NbとCo-Cr-Taとが直接結合し、強く垂直配向する垂直磁気記録層5が得られる。また、成膜中には、マグネトロンの磁石41、42によって、常に約4kA/mの磁界が基板1の半径方向に加えられているので、硬磁性下地層53と軟磁性下地層4の磁化及び磁化容易軸は基板1の半径方向に揃えられる。最後に保護層6としてSiO<sub>2</sub>を15nm形成した。

【0044】このようにして成膜を終えた後、実施例1と同様の磁界中熱処理を行った。すなわち、10<sup>-3</sup>Pa以下の真空中雰囲気において、24kA/mの磁界中で成膜後の垂直磁気記録媒体50をその回転中心軸の回りに回転させながら、300℃で、3時間の熱処理を行なって、垂直磁気記録媒体50を得た。

【0045】ここで、本実施例2と特性比較するために、上述の実施例1と比較例3を用いた。比較例3の垂直磁気記録媒体は別に製作した。比較例3の垂直磁気記録媒体51は、図11に示すように構成されており、ガラス基板1と、この上に順に形成された軟磁性下地層4、垂直磁気記録層5及び保護層6とからなる。各層4、5、6の材質及び成膜条件は、上述の実施例2の場合と同一である。

【0046】次に、これらの試料(実施例2、実施例1及び比較例3)の特性評価結果について説明する。まず、記録再生特性について述べる。なお、これらの試料についての記録再生特性は、トラック幅8μm、主磁極厚0.4μm、コイル巻数60ターンの単磁極ヘッドを用い、ディスク回転数2070rpm、線速度8m/s、ヘッド浮上量80nmの条件で測定を行った。

【0047】100kHzの矩形波信号を記録再生し、オシロスコープによって孤立波再生出力 $E_{pp}$  (nV/(μm·t·m/s))を測定した。ここで、再生出力

は、トラック幅 ( $\mu\text{m}$ )、コイル巻数 ( $t$ ) 及び線速度 ( $\text{m/s}$ ) で、規格化してある。比較例 1 に対する比を  $\text{dB}$  で表した。6.67MHz の信号を記録再生し、そのときのノイズ成分とシステムノイズとの差分を、帯域 16MHz にわたってスペクトルアナライザにより測定し、媒体ノイズ ( $\mu\text{V}_{\text{rms}}$ ) を得た。比較例 1 に対する比を  $\text{dB}$  で表した。上記の孤立波再生出力  $E_{\text{pp}}$  と媒体

ノイズの比を  $S/N$  とし、比較例 3 に対する比を  $\text{dB}$  で表した。また、垂直磁気記録媒体を回転開始した直後の再生出力と、 $2 \times 10^4$  回転後の再生出力の比を減磁量 ( $\text{dB}$ ) とし、実施例 1 に対する比を  $\text{dB}$  で表した。以上の測定結果を、表 2 に示す。

【0048】

【表 2】

特性 試料	再生出力 (dB)	ノイズ (dB)	S/N (dB)	減磁量 (dB)
実施例 2	0.71	-1.38	2.1	0
実施例 1	1.35	1.47	-0.1	0.13
比較例 3	0	0	0	4.5

【0049】表 2 によれば、本発明の実施例 2 の垂直磁気記録媒体 50 は、硬磁性下地層 53 を有しない比較例 3 に対して、再生出力は増加し、媒体ノイズは低下しており、結果として、 $S/N$  が 2.1  $\text{dB}$  と大幅に改善されている。実施例 1 は比較例 3 に対しては  $S/N$  は同等である。本発明による垂直磁気記録媒体 50 は、減磁量については測定限界程度にまで改善されており、減磁量を改善した実施例 1 と同等である。

【0050】次に、磁気特性について説明する。垂直磁気記録媒体の磁気特性については、VSM で評価した。まず、 $\text{CoSm}$  膜単体の磁気特性を説明する。図 15 は、本発明の垂直磁気記録媒体の実施例 2 における硬磁性下地層 53 を構成する  $\text{CoSm}$  膜単体の  $M-H$  曲線を示す図であり、円板状の基板 1 の面内について円周方向と半径方向での測定結果を示す。同図にみるとおり、半径方向の  $M-H$  曲線は、ほぼ 1 の角型比を示し、一方、円周方向の  $M-H$  曲線は緩やかな傾斜を示す。これより、 $\text{CoSm}$  膜は、半径方向に強く配向していることがわかる。また、 $\text{Sm}$  の組成比 11~33 at% の範囲内で同様の  $M-H$  曲線が得られており、保磁力  $H_c$  は 50~1000  $\text{Oe}$  の範囲であった。なお、この  $\text{CoSm}$  膜は、上述した硬磁性下地層 53 の製法と同様に製作されており、磁界中熱処理も実施されている。

【0051】次に、硬磁性下地層／軟磁性下地層の複合層の  $M-H$  曲線を説明する。まず、硬磁性下地層として  $\text{CoSm}$  膜を、軟磁性下地層として  $\text{CoZrNb}$  膜を用いたときの複合層の  $M-H$  曲線の推定を、磁氣的相互作用を考慮したシミュレーションにより行った。図 16 には、シミュレーションに用いられた  $\text{CoSm}$  膜及び  $\text{CoZrNb}$  膜単体の  $M-H$  曲線を示す。図 17 は、 $\text{CoSm}$  膜と  $\text{CoZrNb}$  膜の複合層について、 $\text{CoSm}$  膜と  $\text{CoZrNb}$  膜との間に磁氣的相互作用（静磁結合及び交換結合）がないとしてシミュレーションした結果得られた  $M-H$  曲線を示している。すなわち、図 16 中の 2 曲線を単純に重ね合わせた結果が得られている。

【0052】一方、図 18 は、 $\text{CoSm}$  膜と  $\text{CoZrNb}$  膜の複合層について、 $\text{CoSm}$  膜と  $\text{CoZrNb}$  膜と

の間に交換結合の磁氣的相互作用のみがあるとしてシミュレーションした結果得られた  $M-H$  曲線を示している。見掛け上の保磁力  $H_c$  は大きくなっている。また、図 20 は、 $\text{CoSm}$  膜と  $\text{CoZrNb}$  膜の複合層について、 $\text{CoSm}$  膜と  $\text{CoZrNb}$  膜との間に静磁結合の磁氣的相互作用のみがあるとしてシミュレーションした結果得られた  $M-H$  曲線を示している。見掛け上の保磁力  $H_c$  は負の値を示している。

【0053】実際の複合膜の  $M-H$  曲線を図 14 に示す。図 14 において、(A) は、本発明の垂直磁気記録媒体の実施例 2 を構成する、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層の間に中間層がある場合の  $M-H$  曲線を、(B) は、本発明の垂直磁気記録媒体の実施例 2 を構成する、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層の  $M-H$  曲線を、それぞれ示す。なお、硬磁性下地層として  $\text{CoSm}$  膜を、軟磁性下地層として  $\text{CoZrNb}$  膜を、中間層としては 2 nm の  $\text{SiO}_2$  層を、上述の実施例 2 と同様に成膜した。

【0054】図 14 (A) に示す  $M-H$  曲線は、図 17 に示す  $M-H$  曲線と相似であり、中間層の存在により、 $\text{CoSm}$  膜と  $\text{CoZrNb}$  膜の磁氣的相互作用が断ち切られている。一方、図 14 (B) に示す  $M-H$  曲線は、図 18 に示す  $M-H$  曲線と相似であり、 $\text{CoSm}$  膜と  $\text{CoZrNb}$  膜との間には強い交換結合が作用していることがわかる。なお、図 20 に示す  $M-H$  曲線の形より、 $\text{CoSm}$  膜と  $\text{CoZrNb}$  膜の間に、静磁結合が単独では作用していないことがわかる。

【0055】各試料につき、 $M-H$  曲線を測定し、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層の印加磁界とその磁界に対応したマイナーループの反転磁界との関係を明らかにした。軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層の  $M-H$  (磁化) 曲線を説明する。まず、図 19 に示した、複合層について得られる、印加磁界  $H$  と反転磁界  $H_m$  との関係を示すマイナーループについて説明する。図 19 において、横軸は印加磁界  $H$  の強度を、縦軸は磁化  $M$  を、 $u$  は飽和磁化曲線 (部分) を、 $v$  はマイナーループをそれぞれ示す。なお、この  $M-H$  曲線の測定は基板 1 の面内



方向に磁界を印加して行ったので、垂直磁気記録層 5 があっても、この垂直磁気記録層 5 は、基板 1 面に垂直方向に強い異方性を持つため、以下に述べる測定結果に影響を与えない事が分かっている。

【0056】まず、磁化されていない複合層に、正方向に増加する磁界  $H$  を印加すると、図に示されていない初磁化曲線を辿り、正方向に磁化され、硬磁性下地層を正方向に充分飽和する磁界強度である  $a$  点に達し、磁化  $M$  は正方向に飽和する。次に、印加磁界  $H$  を減少させると、磁化  $M$  は曲線  $u$  を辿り減少していく。磁界  $H$  が 0 に達すると、今度は負方向に磁界  $H$  を増加させていく。磁界  $H$  が  $c$  点で示す  $-H_c$  (保磁力) に達すると、磁化  $M$  は 0 となる。さらに、負方向に磁界  $H$  を増加させると、複合層は負方向に磁化され、磁界  $H$  が  $-H_1$  になると  $b$  点に達する。

【0057】次に、 $b$  点において磁界を反転し、正方向に磁界  $H$  を変化させていくと、 $M-H$  曲線はマイナーループを描き、曲線  $v$  に沿って磁化  $M$  は変化していく。そして、磁化  $M$  が 0 となったときの  $d$  点で示される磁界  $H$  を  $H_m$  ( $H_1$ ) として求める ( $H_m$  を反転磁界とする)。さらに磁界  $H$  を正方向に変化させていくと、正方向に磁化され、再び  $a$  点に達する。この操作を繰り返して、印加磁界  $H$  と反転磁界  $H_m$  との関係を求めた。

【0058】図 12 に、本発明の実施例 2 である、硬磁性下地層 2 が半径配向した  $Co-Sm$  のときの軟磁性下地層 3 / 硬磁性下地層 2 の複合層の、印加磁界  $H$  とその磁界に対応したマイナーループの反転磁界  $H_m$  との関係を、実施例 1 と共に示す。本実施例 2 においては、 $H$  が  $500\text{e}$  ( $4\text{kA/m}$ ) までは  $H_m$  は負の一定の値を示している。この事は、媒体の保存状態において、 $500\text{e}$  より小さな磁界が硬磁性下地層 53 の磁化と反対方向に仮に加わっても、磁界を 0 に戻せば再び元の磁化状態に復帰することを示している。

【0059】一方、実施例 1 の軟磁性下地層 3 / 硬磁性下地層 7 の複合層では、印加磁界  $H$  に対して  $H_m$  は単調に変化しており、これは、媒体保存時に、反対方向に保磁力をわずかに越える磁界が加わると、元の磁化状態には復帰せず、媒体を使用するときに、減磁、スパイクノイズを引き起こす危険性のあることを示すものである (もちろん、上述の実施例 1 で説明したように、従来例に対しては、保磁力そのものが遥かに大きくなっており、減磁が改善されていることは明白である)。

【0060】次に、硬磁性下地層 53、3 の結晶性を X 線解析法によって調べた結果について説明する。図 13 は、本発明の垂直磁気記録媒体の実施例 1 及び実施例 2 の垂直磁気記録媒体の X 線回折パターンを示す図である。同図に示すように、実施例 1 の硬磁性下地層 3 においては、 $bcc-Cr$  及び  $hcp-CoCrTa$  の明確なピークが観測され、明らかに結晶質である事がわかった。一方、本実施例 2 の硬磁性下地層 53 においては、

$CoSm$  からのピークは観測されず、これより硬磁性下地層 53 は、非晶質もしくは微結晶質であることがわかった。なお、回折には、Cu ターゲットを使用し、実施例 2 の場合は、回折ピークを確認するために、実施例 1 に対し 4 倍のターゲット電流を流した。

【0061】さらに、走査型電子顕微鏡 (SEM) によって、単独に基板 1 上に作製された硬磁性下地層 53、3 の薄膜表面を観察したところ、実施例 1 の硬磁性下地層 3 については、明瞭な結晶粒が観察されたのに対し、本実施例 2 の硬磁性下地層 53 の  $CoSm$  には、結晶粒は見られず、表面も平滑である事がわかった。

【0062】なお、使用する硬磁性下地層 53 の磁気特性および膜厚の範囲は、軟磁性下地層 4 の磁気特性、膜厚との関連で決定され、図 12 に示したカーブにおいて、 $H_m$  が立ち上がる磁界が外来磁界に比べて充分大きくなるように、例えば  $500\text{A/m}$  以上になるように設定すればよい。

【0063】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 による本発明の垂直磁気記録媒体によれば、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかである磁化を有する硬磁性下地層を設けた事により、媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体を提供する事が出来る。

【0064】また、請求項 2 による本発明の垂直磁気記録媒体によれば、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記基板の面内である面内配向硬磁性下地層を設けた事により、媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体を提供する事が出来る。

【0065】また、請求項 3 による本発明の垂直磁気記録媒体によれば、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記半径方向である半径配向硬磁性下地層を設けた事により、媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体

を提供する事が出来る。

【0066】また、請求項4による本発明の垂直磁気記録媒体によれば、請求項3に記載の垂直磁気記録媒体であって、前記半径配向硬磁性下地層をSm（サマリウム）を含むCo合金膜とした事により、媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体を提供する事が出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の垂直磁気記録媒体の第1の実施例の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図2】第1の比較例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図3】第1の従来例及び第2の比較例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図4】軟磁性下地層／硬磁性下地層のM-H曲線における規格化した印加磁界H/H<sub>c</sub>とマイナーループのH<sub>m</sub>（H）との関係を示すグラフ図である。

【図5】本発明の垂直磁気記録媒体の第1の実施例を構成する軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層のM-H曲線を示すグラフ図である。

【図6】第2の比較例の垂直磁気記録媒体を構成する軟磁性下地層のM-H曲線を示すグラフ図である。

【図7】垂直磁気記録媒体の製造に使用されるDCマグネトロンスパッタ装置のターゲット電極付近の構成を示す概略断面図である。

【図8】垂直磁気記録媒体の製造工程の1つである磁界中熱処理を説明するための概念図である。

【図9】第2の従来例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図10】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図11】第3の比較例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図12】本発明の垂直磁気記録媒体の第1及び第2の実施例の垂直磁気記録媒体を構成する軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層の、印加磁界Hとその磁界に対応したマイナーループの反転磁界H<sub>m</sub>との関係を表すグラフ図である。

【図13】本発明の垂直磁気記録媒体の第1及び第2の実施例の垂直磁気記録媒体のX線回折パターンを示す図である。

【図14】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例を構成する、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層の間に中間層がある場合とない場合のM-H曲線を示す図である。

【図15】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例における硬磁性下地層2を構成するCoSm膜単体のM-H曲線を示す図である。

【図16】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例を構成する軟磁性下地層と硬磁性下地層それぞれについて、シミュレーションした結果得られたM-H曲線を示す図である。

【図17】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例を構成する、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層について、軟磁性下地層と硬磁性下地層との間に磁氣的相互作用がないとしてシミュレーションした結果得られたM-H曲線を示す図である。

【図18】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例を構成する、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層について、軟磁性下地層と硬磁性下地層との間に交換相互作用があるとしてシミュレーションした結果得られたM-H曲線を示す図である。

【図19】印加磁界Hと反転磁界H<sub>m</sub>との関係を説明するためのマイナーループを示す図である。

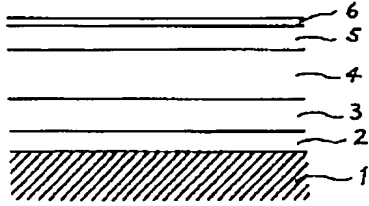
【図20】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例を構成する、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層について、軟磁性下地層と硬磁性下地層との間に静磁結合があるとしてシミュレーションした結果得られたM-H曲線を示す図である。

#### 【符号の説明】

- 1 円形基板
- 2 クロム層
- 3 硬磁性下地層
- 4 軟磁性下地層
- 5 垂直磁気記録層
- 6 保護層
- 9 回転中心軸
- 10 垂直磁気記録媒体（実施例1）
- 11 垂直磁気記録媒体（比較例1）
- 12 垂直磁気記録媒体（従来例1）
- 13 垂直磁気記録媒体（従来例2）
- 21 ガラス基板
- 24 軟磁性下地層
- 25 垂直磁気記録層
- 26 保護層
- 31 ガラス基板
- 32 クロム層
- 34 軟磁性下地層
- 35 垂直磁気記録層
- 36 保護層
- 37 カーボン層
- 41 第1の永久磁石
- 42 第2の希土類永久磁石
- 43 ターゲット
- 50 垂直磁気記録媒体（実施例2）
- 51 垂直磁気記録媒体（比較例1）
- 53 硬磁性下地層

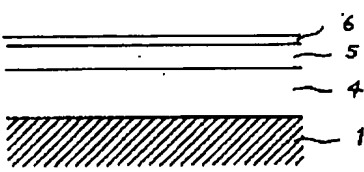
【図1】

10



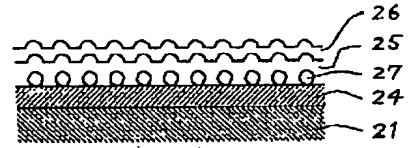
【図2】

11

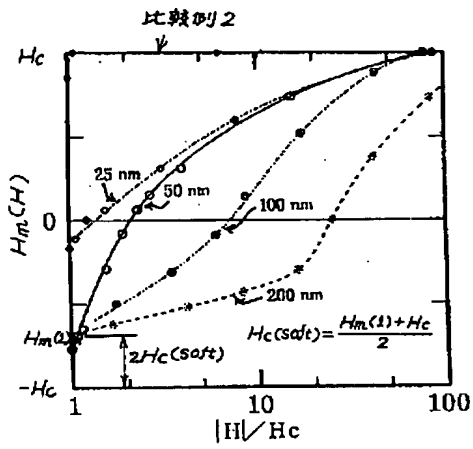


【図3】

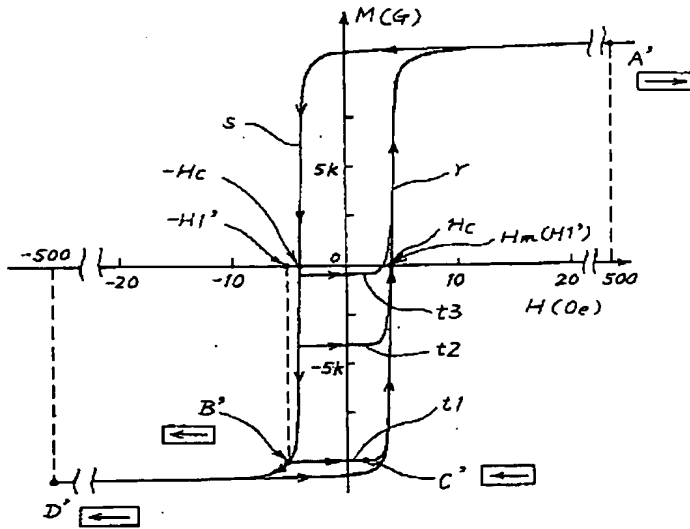
12



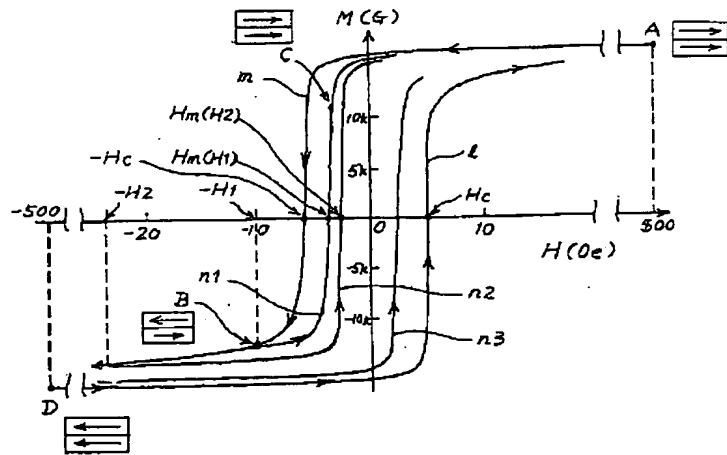
【図4】



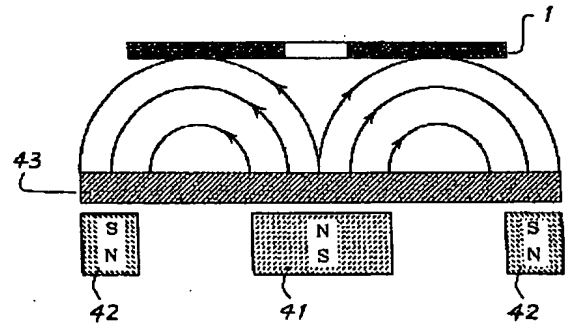
【図6】



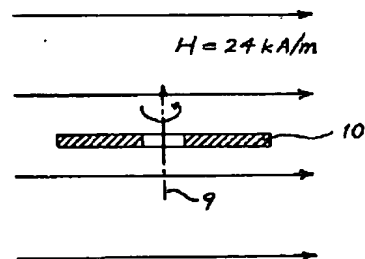
【図5】



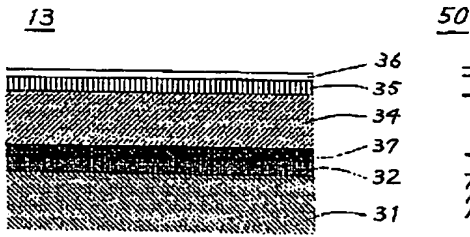
【図7】



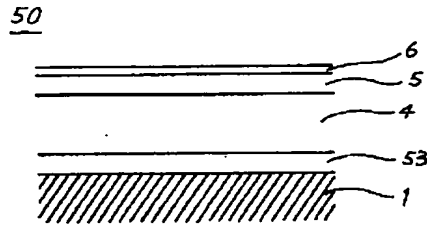
【図8】



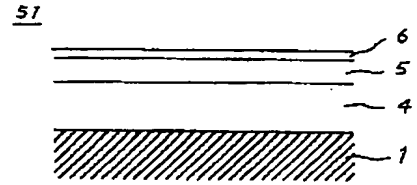
【図9】



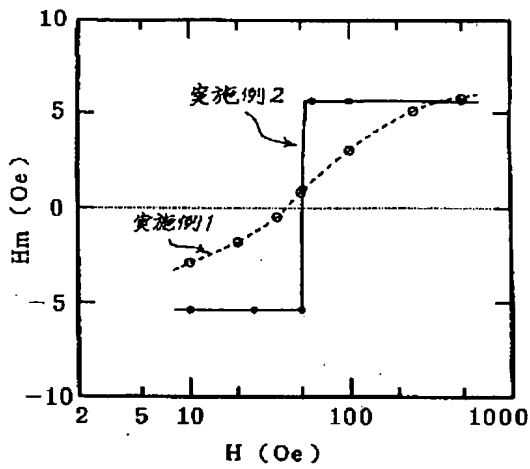
【図10】



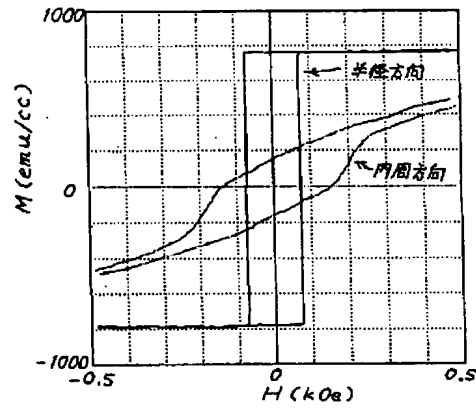
【図11】



【図12】

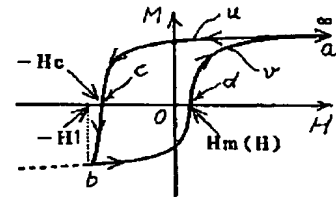
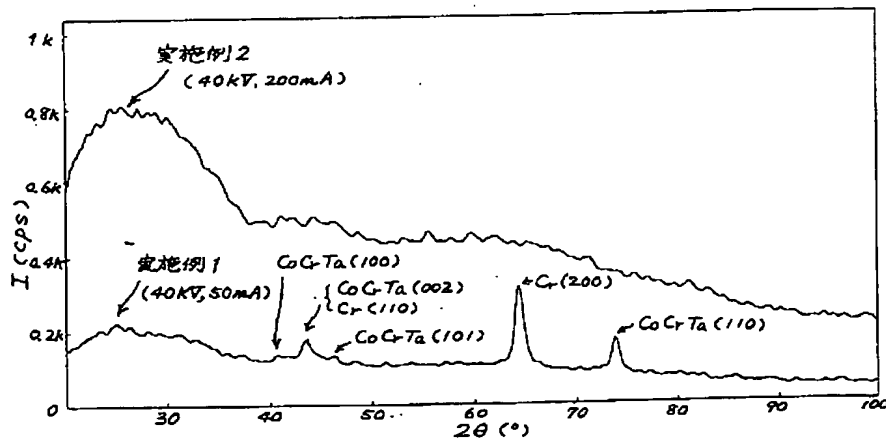


【図15】

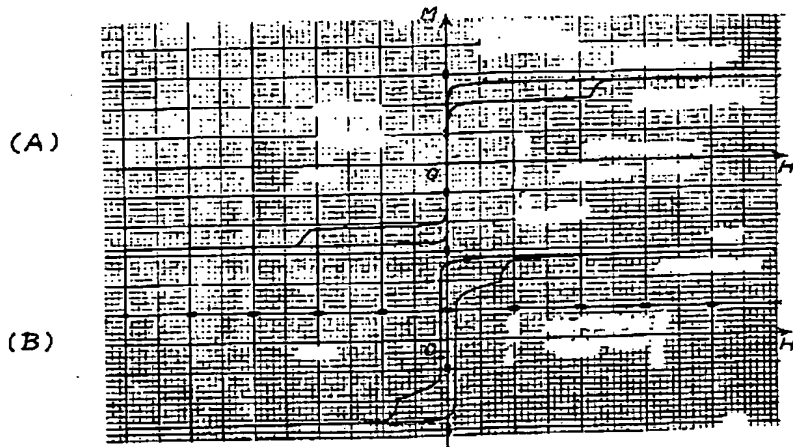


【図19】

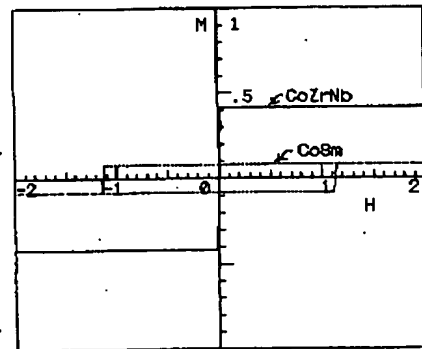
【図13】



【図 14】

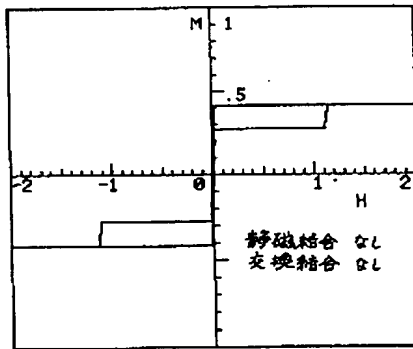


【図 16】

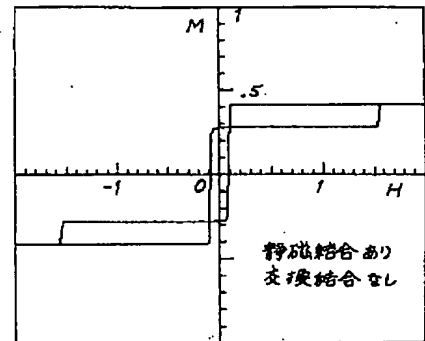
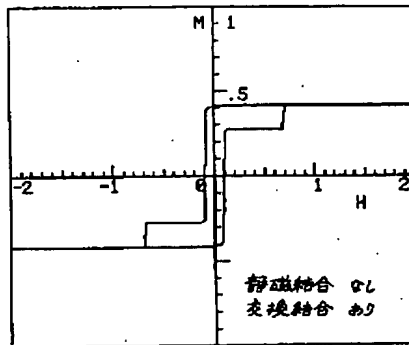


【図 20】

【図 17】



【図 18】



**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The vertical-magnetic-recording medium characterized by to prepare the hard magnetism ground layer which has the magnetization all whose magnetization directions are either the radial periphery sense of the aforementioned substrate, or the main sense between the aforementioned substrate and the aforementioned soft-magnetism ground layer in the vertical-magnetic-recording medium equipped with the disc-like substrate, the soft-magnetism ground layer formed on this substrate, and the vertical-magnetic-recording layer formed on this soft-magnetism ground layer.

[Claim 2] A disc-like substrate. The soft-magnetism ground layer formed on this substrate. The vertical-magnetic-recording layer formed on this soft-magnetism ground layer. It is the vertical-magnetic-recording medium equipped with the above, and is characterized by preparing the orientation hard magnetism ground [ in which all the magnetization directions are either the radial periphery sense of the aforementioned substrate, or the main sense, and the direction of orientation is in the field of the aforementioned substrate ] layer within a field between the aforementioned substrate and the aforementioned soft-magnetism ground layer.

[Claim 3] A disc-like substrate. The soft-magnetism ground layer formed on this substrate. The vertical-magnetic-recording layer formed on this soft-magnetism ground layer. It is the vertical-magnetic-recording medium equipped with the above, and is characterized by preparing a radius orientation hard magnetism ground [ in which all magnetization is either the radial periphery sense of the aforementioned substrate, or the main sense, and the direction of orientation is radial / aforementioned ] layer between the aforementioned substrate and the aforementioned soft-magnetism ground layer.

[Claim 4] The vertical-magnetic-recording medium which is a vertical-magnetic-recording medium according to claim 3, and is characterized by using the aforementioned radius orientation hard magnetism ground layer as Co alloy film containing Sm (SAMARYUUMU).

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the two-layer film medium which is applied to a vertical-magnetic-recording medium, especially has a soft-magnetism ground layer.

[0002]

[Description of the Prior Art] The vertical magnetic recording attracts attention from the ability of high-density record to be performed rather than the magnetic recording within a field, and many two-layer film media which consist of a soft-magnetism ground layer formed on the nonmagnetic substrate and a vertical-magnetic-recording layer as a medium used for this are examined. Such a two-layer film medium can perform efficient magnetic-recording reproduction by combining with a single magnetic pole type head. Since the two-layer film medium which uses a Co-Zr system amorphous soft-magnetism film as a ground layer especially can obtain the sharp vertical-magnetic-recording layer of a perpendicular stacking tendency, it is effective in especially improvement in record efficiency.

[0003] However, in using this two-layer film medium as a disk-like medium, after signal record, it demagnetizes with time only by rotating the medium, and the problem that signal strength will decline is. This demagnetization phenomenon is considered because the recording information of a vertical-magnetic-recording layer is eliminated by movement of the magnetic domain wall which magnetization of an amorphous soft-magnetism ground layer is easily reversed, and generates the strong perpendicular magnetic field accompanying this by magnetic field interference, such as earth magnetism, in case a medium rotates.

[0004] Then, the applicant for this patent proposed the method of canceling demagnetization by forming a needlelike particle on the above-mentioned soft-magnetism ground layer, and giving irregularity to a front face in Japanese Patent Application No. No. 103490 [ four to ], previously. This is explained as 1st conventional example. Drawing 3 is the fragmentary sectional view showing typically the composition of the vertical-magnetic-recording medium of the 1st starting conventional example and the 2nd example of comparison. In this drawing, 21 is the disc-like glass substrate which carried out mirror polishing, and the soft-magnetism ground layer 24 which consists of an amorphous thin film containing Co-Zr is formed on this glass substrate 21. And many needlelike particles 27 are formed in the front face of this soft-magnetism ground layer 24. What is easy to form metals and whiskers, such as the Co-Zr system alloy which is the component of the soft-magnetism ground layer 24 as this needlelike particle 27 and the material which cannot dissolve easily, for example, Cu, Sn, Zn, aluminum, Cd, Pb, etc., is used. And it has the composition that the vertical-magnetic-recording layer 25 was formed on this needlelike particle 27, and the protective layer 26 was formed on this vertical-magnetic-recording layer 25.

[0005] And by such vertical-magnetic-recording medium 12 of composition, since movement of the magnetic domain wall of the soft-magnetism ground layer 24 is suppressed by existence of the needlelike particle 27, coercive force  $H_c$  of the soft-magnetism ground layer 24 can be enlarged to some extent, and aging by magnetic field interference can be stopped, therefore the problem of demagnetization can be solved.

[0006] Moreover, further, the applicant for this patent also proposed the method of canceling demagnetization by heat-treating in a vacuum, after preparing the carbon layer between the above-mentioned soft-magnetism ground layer and the substrate in Japanese Patent Application No. No. 63528 [ five to ]. This is explained as 2nd conventional example. Drawing 9 is the fragmentary sectional view showing typically the composition of the vertical-magnetic-recording medium of the 2nd conventional example. In this drawing, 31 is the disc-like glass substrate which carried out mirror polishing, and the chromium layer 32 of 50nm thickness is formed on this glass substrate 31. The carbon layer 37 is formed on this chromium layer 32. On this carbon layer 37, the soft-magnetism ground layer 34 which consists of an amorphous thin film of a Co-Zr-Nb system is formed. And on this soft-magnetism ground layer 34, the vertical-magnetic-recording layer 35 which consists of an amorphous thin film of a Co-Cr-Ta system is formed, and it is SiO<sub>2</sub> on this vertical-magnetic-recording layer 35. The becoming protective layer 36 is formed. The vertical recording medium 13 which has such composition is heat-treated in a vacuum, making rotating magnetic field act.

[0007] Thus, in the vertical-magnetic-recording medium 13 obtained, since the crystallization temperature of the soft-magnetism ground layer 34 can become low, crystallization of the soft-magnetism ground layer 34 can be comparatively controlled by low-temperature heat treatment and the coercive force ( $H_c$ ) can be gone up to a moderate value when carbon is spread in the soft-magnetism ground layer 34, the vertical-magnetic-recording medium 13 which does not produce demagnetization can be obtained.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, each method explained above prevents the demagnetization generated with medium rotation by making high the coercive force ( $H_c$ ) of a soft-magnetism ground layer. It becomes disadvantageous to make the permeability  $\mu$  of this soft-magnetism ground layer fall, and to obtain the high reproduction output from a vertical recording medium to make  $H_c$  of a soft-magnetism ground layer high. Moreover, in the vertical-magnetic-recording medium which consists of a soft-magnetism ground layer and a vertical-magnetic-recording layer, since a magnetic domain wall exists in a soft-magnetism ground layer, the medium noise resulting from this magnetic domain wall occurs.

[0009] Then, paying attention to the above-mentioned point, this invention prevents the demagnetization by rotation of a medium, reduces a medium noise in a vertical-magnetic-recording medium, enables it to obtain a high reproduction output, and aims at this offering a highly efficient and quality vertical-magnetic-recording medium.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The vertical-magnetic-recording medium of this invention by the claim 1 In the vertical-magnetic-recording medium equipped with the disc-like substrate, the soft-magnetism ground layer formed on this substrate, and the vertical recording layer formed on this soft-magnetism ground layer The above-mentioned purpose is attained by having prepared the hard magnetism ground layer which has the magnetization all whose magnetization directions are either the radial periphery sense of the aforementioned substrate, or the main sense between the aforementioned substrate and the aforementioned soft-magnetism ground layer.

[0011] Moreover, the vertical-magnetic-recording medium of this invention by the claim 2 In the vertical-magnetic-recording medium equipped with the disc-like substrate, the soft-magnetism ground layer formed on this substrate, and the vertical-magnetic-recording layer formed on this soft-magnetism ground layer The above-mentioned purpose is attained by having prepared the orientation hard magnetism ground [ in which all the magnetization directions are either the radial periphery sense of the aforementioned substrate, or the main sense, and the direction of orientation is in the field of the aforementioned substrate ] layer within a field between the aforementioned substrate and the aforementioned soft-magnetism ground layer.

[0012] Moreover, the vertical-magnetic-recording medium of this invention by the claim 3 In the vertical-magnetic-recording medium equipped with the disc-like substrate, the soft-magnetism ground layer formed on this substrate, and the vertical-magnetic-recording layer formed on this soft-magnetism ground layer The above-mentioned purpose is attained by having prepared the radius orientation hard magnetism ground [ in which all magnetization is either the radial periphery sense of the aforementioned substrate, or the main sense, and the direction of orientation is radial / aforementioned ] layer between the aforementioned substrate and the aforementioned soft-magnetism ground layer.

[0013] Moreover, the vertical-magnetic-recording medium of this invention by the claim 4 is a vertical-magnetic-recording medium according to claim 3, and attains the above-mentioned purpose by having used the aforementioned radius orientation hard magnetism ground layer as Co alloy film containing Sm (SAMARYUUMU).

[0014]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained with reference to an accompanying drawing.

<Example 1> drawing 1 is the fragmentary sectional view showing typically the composition of the 1st example of the vertical-magnetic-recording medium of this invention. As shown in this drawing, this vertical-magnetic-recording medium 10 consists of a disc-like glass substrate 1 which carried out mirror polishing, and the chromium layer 2 formed in order on this glass substrate 1, the hard magnetism ground layer 3, the soft-magnetism ground layer 4, the vertical-magnetic-recording layer 5 and a protective layer 6.

[0015] Hereafter, the concrete manufacture method is explained about the example 1 of this invention. Whenever membrane formation of each class 2, 3, 4, 5, and 6 formed in a glass substrate 1 showed the outline cross section near [ the ] an electrode to drawing 7, it came, and it was performed using DC magnetron-sputtering equipment. With this equipment, in the lower part center section of the target 43 like Co-Zr-Nb, the 1st rare earth permanent magnet 41 is arranged, the 2nd rare earth permanent magnet 42 is arranged at the lower part periphery section of a target 43, for example, and polarity of these [ 1st ] and the 2nd rare earth permanent magnet 41 and 42 is made into reverse, respectively, as shown in drawing 7. Moreover, above the target 43, the disc-like glass substrate 1 which carried out mirror polishing is arranged. By such arrangement, the glass substrate 1 has said 1st [ the ] and the composition that the magnetic field of about 4 kA/m is always added to radial [ the ] with the 2nd rare earth permanent magnet 41 and 42. In addition, it contributes also to these rare earth permanent magnets 41 and 42 acting also as a magnet of a magnetron, converging about 43-target plasma, and forming membranes at a high rate.

[0016] Moreover, the membrane formation conditions by this equipment were Ar atmosphere of 0.067Pa of gas \*\*, and 2 and distance between target-substrates were made to 60mm, and they made 1.0-2.0W/cm of substrate temperature 150 degrees C - 250 degrees C for power flux density. In addition, a Co-Cr15-Ta4 at% alloy with a diameter of 203mm is used as an object for the hard magnetism ground layers 3, a Co-Zr7-Nb5 at% alloy with a diameter of 203mm is used as an object for the soft-magnetism ground layers 4, the Co-Cr15-Ta4 at% alloy of the same size is used as an object for the vertical-magnetic-recording layers 5, and a target 43 is SiO<sub>2</sub> of the same size as an object for protective layers 6. It was used.

[0017] First, the chromium layer 2 was formed by 50 or 100nm thickness on the soda lime glass substrate 1 with a diameter of 95mm of a mirror finish, and the hard magnetism ground layer 3 was formed by 25 or 200nm thickness by using a Co-Cr15-Ta4 at% alloy as a target 43 on it. The chromium layer 2 is formed in order to carry out orientation within a field of the magnetization of the hard magnetism ground layer 3. In addition, in fact, in order to see the thickness dependency of the hard magnetism ground layer 3 to record reproducing characteristics and magnetic properties, two or more samples of each thickness (25nm, 50nm, 100nm, and 200nm) were manufactured about the thickness of the hard magnetism ground layer 3, respectively.

[0018] Subsequently, 75nm of vertical-magnetic-recording layers 5 was formed by using a Co-Zr7-Nb5 at% alloy as a target 43,



having used the Co-Cr15-Ta4 at% alloy as the target 43 for the soft-magnetism ground layer 4 immediately after 500nm membrane formation. By forming membranes immediately here, Co-Zr-Nb and Co-Cr-Ta couple directly, and the vertical-magnetic-recording layer 5 which carries out perpendicular orientation strongly is obtained. It is SiO<sub>2</sub> as a protective layer 6 to the last. 10nm was formed. Thus, after finishing membrane formation, heat treatment among a magnetic field was performed. Drawing 8 is a conceptual diagram for explaining heat treatment among a magnetic field which is one of the manufacturing processes of the vertical-magnetic-recording medium 10. As shown in drawing 8, rotating the vertical-magnetic-recording medium 10 after membrane formation around the center-of-rotation shaft 9 in a 24kA [m] magnetic field in the atmosphere in a vacuum of 10<sup>-3</sup> or less Pa, at 300 degrees C, heat treatment of 3 hours was performed and the vertical-magnetic-recording medium 10 was obtained.

[0019] Here, in order to carry out property comparison with this example 1, the vertical-magnetic-recording medium of the examples 1 and 2 of comparison was manufactured. The vertical-magnetic-recording medium 11 of the example 1 of comparison is constituted as shown in drawing 2, and it consists of a glass substrate 1, and the soft-magnetism ground layer 4, the vertical-magnetic-recording layer 5 and protective layer 6 which were formed in order on this. The quality of the material and the membrane formation conditions of each class 4, 5, and 6 are the same as that of the case of the above-mentioned example 1.

[0020] The vertical-magnetic-recording medium 12 of the example 2 of comparison was considered as the same composition as the 1st conventional example shown in drawing 3. Specifically, in order to form or form the soft-magnetism ground layer 24, the vertical-magnetic-recording layer 25, a protective layer 26, and the needlelike particle 27, DC magnetron-sputtering equipment of the structure shown in drawing 7 mentioned above was used. a target 43 -- as the object for the soft-magnetism ground layers 24 -- with a diameter of 203mm Co-Zr7-Nb5 at% -- on an alloy Using what has arranged Cu (7x7x1mm) as an impurity on [ 16 ] eroticism-JON area, as an object for the vertical-magnetic-recording layers 25, the Co-Cr15-Ta4 at% alloy of the same size is used, and it is SiO<sub>2</sub> of the same size as an object for protective coats 26. It used. As a substrate 21, the soda lime glass with a diameter of 95mm which carried out the mirror finish was used.

[0021] It considers as Ar atmosphere of 0.067Pa of gas \*\*, and membrane formation conditions are power flux density 1.0 - 2.0 W/cm<sup>2</sup> It carried out, distance between target-substrates was set to 60mm, and substrate temperature was made into 150 degrees C. First, on the glass substrate 21, the soft-magnetism ground layer 24 was formed in the thickness of 500nm, the vertical-magnetic-recording layer 25 was immediately formed in the thickness of 75nm, the protective layer 26 was formed after that at the thickness of 20nm, and the vertical-magnetic-recording medium 12 was obtained. In addition, when forming the soft-magnetism ground layer 24, since Cu as an impurity for needlelike particle 27 formation is arranged at the target 43, many Cu needlelike particles 27 are formed in the front face of the soft-magnetism ground layer 24.

[0022] Next, the characterization result of these samples (an example 1, the example 1 of comparison, and example 2 of comparison) is explained. First, record reproducing characteristics are described. in addition, the record reproducing characteristics about these samples -- 8 micrometers of width of recording track, and the main pole -- thick -- it measured using the single magnetic pole head of 0.4 micrometers and coil number-of-turns 60 turn on the conditions of disk rotational frequency 2070rpm, linear-velocity 8 m/s, and 80nm of head flying heights

[0023] Record reproduction of the 100kHz square wave signal was carried out, and solitary-wave reproduction output Ep-p (nV/(micrometer-t-m/s)) was measured with the oscilloscope. Here, reproduction outputs are the width of recording track (micrometer), coil number of turns (t), and linear velocity (m/s), and are standardized. 6. Record reproduction of the signal of 67 MHz was carried out, the difference of the noise component at that time and a system noise was measured by the spectrum analyzer over 16MHz of bands, and the medium noise (muVrms) was obtained. Moreover, a reproduction output immediately after carrying out the rotation start of the vertical-magnetic-recording medium and 2x10<sup>4</sup> The ratio of the reproduction output after rotation was made into the amount of demagnetization (dB). On the other hand, VSM estimated the magnetic properties of a vertical-magnetic-recording medium. About each sample, the M-H curve was measured and the permeability mu of the compound layer of a soft-magnetism ground layer / hard magnetism ground layer was obtained. The above measurement result is shown in Table 1.

[0024]

[Table 1]

特性 試料	$E_{p-p}$ (nV/( $\mu m \cdot t \cdot m/s$ ))	ノイズ ( $\mu V_{rms}$ )	減磁量 (dB)	透磁率 $\mu$ (注1)
実施例1	118	1.4	0.13	2500
比較例1	120	1.8	4.5	3000
比較例2	77	2.8	0.14	1500

注1：硬磁性下地層／軟磁性下地層からなる複合層の1MHzにおける透磁率を示す。

従って、比較例1及び2は軟磁性下地層の透磁率である。

[0025] According to Table 1, although the reproduction output is equivalent to the example 1 of comparison which does not have the hard magnetism ground layer 3, the medium noise of the vertical-magnetic-recording medium 10 of the example 1 of this

invention is equivalent to the example 2 of comparison which is falling, S/N is improved as a result, is improved by even the measurement limitation grade about the amount of demagnetization, and has improved the amount of demagnetization. In addition, about permeability, in the example 1 of this invention, although it is inferior to the example 1 of comparison which a ground layer becomes only from the soft-magnetism ground layer 4, the value higher than the example 2 of comparison in which the needlelike particle was formed is shown.

[0026] Next, the M-H (magnetization) curve of the compound layer of a soft-magnetism ground layer / hard magnetism ground layer is explained. the graphical representation showing the M-H curve of the compound layer of soft-magnetism ground layer 4 / hard magnetism ground layer 3 from which drawing 5 constitutes the 1st example of the vertical-magnetic-recording medium of this invention -- it is -- a horizontal axis -- the intensity of an impression magnetic field -- in a vertical axis, Curves l and m show a saturation magnetization curve, and curves n1, n2, and n3 show a minor loop for magnetization, respectively. In addition, since measurement of this M-H curve was performed to the field inboard of a substrate by impressing a magnetic field, even if there is a vertical-magnetic-recording layer 5, since this vertical-magnetic-recording layer 5 has a perpendicularly strong anisotropy in a substrate side, it turns out that the measurement result described below is not affected.

[0027] First, if the magnetic field H which increases in the right direction is impressed to the compound layer which is not magnetized, the initial magnetization curve which is not shown in drawing will be followed, and it will be magnetized in the right direction, and will amount to A points in 500Oe(s) which are the magnetic field strength enough saturated in the right direction in the hard magnetism ground layer 3, and Magnetization M will be saturated in the right direction. Next, if the impression magnetic field H is decreased, Magnetization M follows Curve m and decreases. If a magnetic field H amounts to 0, the magnetic field H is made to increase in the negative direction shortly. Magnetization M will be set to 0 if a magnetic field H reaches -Hc (coercive force). Furthermore, if a magnetic field H is made to increase in the negative direction, a compound layer will be magnetized in the negative direction, and the B point will be reached if a magnetic field H is set to -H1 (it considers as a reversal magnetic field).

[0028] Next, if a magnetic field is reversed in the B point and a magnetic field H is changed in the right direction, an M-H curve draws a minor loop and Magnetization M changes along with the curve n1. And the magnetic field H when Magnetization M is set to 0 is searched for as Hm (H1). If a magnetic field H is furthermore changed in the right direction, it will be magnetized in the right direction, and through C points, if a magnetic field H is set to 500Oe(s), it will amount to A points again. If this operation is repeated, a magnetic field H is decreased from a positive saturation magnetic field to -H2 and it is made to change in the right direction there, a magnetic field H will be decreased to -H3 from Curves n2 and Hm (H2) and a positive saturation magnetic field, and if it is made to change in the right direction there, Curves n3 and Hm (H3) will be obtained. In addition, the magnetic field strength enough saturated in the negative direction is shown by D points by -500Oe.

[0029] On the other hand, the M-H curve of the soft-magnetism ground layer 4 which constitutes the vertical-magnetic-recording medium 12 of the 2nd example of comparison in drawing 6 is shown. this drawing -- setting -- a horizontal axis -- the intensity of an impression magnetic field -- in a vertical axis, Curves r and s show a saturation magnetization curve, and curves t1, t2, and t3 show a minor loop for magnetization, respectively. In addition, the influence which it has on measurement of the vertical-magnetic-recording layer 25 can be disregarded like the example of an above-mentioned this invention.

[0030] First, if the magnetic field H which increases in the right direction is impressed to the soft-magnetism ground layer 24 containing the needlelike particle 27 which is not magnetized, the initial magnetization curve which is not shown in drawing will be followed, it will be magnetized in the right direction, A' point will be reached in 500Oe(s) which are the magnetic field strength enough saturated in the right direction in the soft-magnetism ground layer 24, and Magnetization M will be saturated in the right direction. Next, if the impression magnetic field H is decreased, Magnetization M follows Curve s and decreases. If a magnetic field H amounts to 0, the magnetic field H is made to increase in the negative direction shortly. Magnetization M will be set to 0 if a magnetic field H reaches -Hc (coercive force). Furthermore, if a magnetic field H is made to increase in the negative direction, the soft-magnetism ground layer 24 will be magnetized in the negative direction, and B' point will be reached if a magnetic field H becomes -H1' (it considers as a reversal magnetic field).

[0031] Next, if a magnetic field is reversed in B points and a magnetic field H is changed in the right direction, an M-H curve draws a minor loop and Magnetization M changes along with the curve t1. And the magnetic field H when Magnetization M is set to 0 is searched for as Hm (H1'). Hereafter, it measured like the case of the compound layer of the above-mentioned this example 1.

[0032] Thus, drawing 4 asked for the relation with the magnetic field Hm (H) from which the magnetization at the time of the reversal magnetic field H and the reversal magnetic field H is set to 0, and this drawing is a graphical representation showing the relation between standardized impression (reversal) magnetic field H/Hc (this Hc is a coercive force) in the magnetization curve of a soft-magnetism ground layer / hard magnetism ground layer, and Hm (H) of a minor loop. The drawing 4 smell has shown the result when setting thickness of the hard magnetism ground layer 3 of a compound layer to 25nm, 50nm, 100nm, and 200nm, and the result of the example 2 of comparison.

[0033] In drawing 5 which shows the M-H curve of the example 1 of this invention, it is characteristic that Hm (H) is negative. In drawing 4, as for this, Hm (H) is equivalent to a line existing in a negative field. The square arrow within the limit has shown the direction of the magnetization in A, B, and C each point to drawing 5 (an upper case shows the soft-magnetism ground layer 4, and the lower berth shows the direction of magnetization of the hard magnetism ground layer 3, respectively). in B points Only the soft-magnetism ground layer 4 was reversed to the negative direction, and since the hard magnetism ground layer 3 is magnetized in the right direction, although a magnetic field is negative, by C points, magnetization of the soft-magnetism ground layer 4 has returned in the right direction according to the magnetic interaction of the soft-magnetism ground layer 4 and the hard

magnetism ground layer 3.

[0034] In drawing 4, irrespective of the thickness of the hard magnetism ground layer 3, the line is all extended to the negative field and it is shown in the example 1 of this invention that a magnetic interaction is strong. In addition, although an exchange interaction or magnetostatic combination was assumed among them about the bipolar membrane of a soft-magnetism ground layer / hard magnetism ground layer although explained in detail in explanation of the below-mentioned example 2, the simulation was performed and the M-H curve has been obtained, it is checked by this method that an above-mentioned magnetic interaction is an exchange interaction.

[0035] That is, as shown in drawing 5, apparent Hc is large enough, although about 6 Oe(s), demagnetization, and a spike noise are prevented, and Hc (soft) of soft-magnetism ground layer 4 the very thing is much smaller than it. The numeric value can be presumed by the formula shown in drawing 4 and the following. In drawing 4, that that is, Hm (H) is changing with magnetic fields H It is because residual magnetization of the hard magnetism ground layer 3 is changing. a horizontal axis in respect of |H|/Hc=1 (Hm (1)) It is thought that there is almost no magnetization change of the hard magnetism ground layer 3, it is in the state which only magnetization of the soft-magnetism ground layer 4 reversed, and this difference of Hm (1) and -Hc is considered to be the double precision of the coercive force only in the case of the soft-magnetism ground layer 4 (Hc (soft)). That is, it is expressed with the following formula.

[0036]

[Equation 1]

$$H_c (\text{soft}) = \frac{H_m (1) - (-H_c)}{2} = \frac{H_m (1) + H_c}{2}$$

[0037] It is a value with Hc (soft) of soft-magnetism ground layer 4 the very thing sufficiently smaller than this although the hard magnetism ground layer 3 holds \*\*\*\*\* in which even 15% (1Oe) grade of Hc and a 25nm thing are estimated as 40% (2-2.5Oe) grade, and the soft-magnetism ground layer 4 originally has them by the thing 50nm or more. For this reason, as shown in Table 1, they are permeability mu and reproduction output EP-P. The high value is maintained. On the other hand, since Hc of soft-magnetism ground layer 24 itself is high in the example 2 of comparison shown in drawing 6, Hm (H) is always almost equal to Hc, and a bird clapper does not have the line of drawing 4 in negative (in addition in drawing 6, a square arrow within the limit shows the sense of the magnetization in A', B', C', and D' each point). Therefore, \*\*\*\*\* is spoiled and permeability mu is low. The output is low because flux density has fallen [ this and ] since Cu is added again.

[0038] In addition, in this example 1, although based on the magnetic field currently impressed to radial [ of the substrate at the time of DC magnetron sputtering which forms a hard magnetism ground layer in on the other hand making a direction magnetize the hard magnetism ground layer on a disc-like glass substrate ], it cannot be overemphasized that it is not limited to this, and it can be magnetized by [ radial ] on the other hand magnetizing in a direction etc. after forming a hard magnetism ground layer.

[0039] <Example 2> drawing 10 is the fragmentary sectional view showing typically the composition of the 2nd example of the vertical-magnetic-recording medium of this invention. As shown in this drawing, the vertical-magnetic-recording medium 50 consists of a disc-like glass substrate 1 which carried out mirror polishing, and the hard magnetism ground layer 53 formed in order on this glass substrate 1, the soft-magnetism ground layer 4, the vertical-magnetic-recording layer 5 and a protective layer 6.

[0040] Hereafter, the concrete manufacture method is explained about the 2nd example of this invention. DC magnetron-sputtering equipment of the structure shown in drawing 7 used on the occasion of manufacture of the above-mentioned example 1 was used for membrane formation of each class 53, 4, 5, and 6 formed in a glass substrate 1.

[0041] Membrane formation conditions were Ar atmosphere of 0.067-0.13Pa of gas \*\*, and 0.5 - 2.0 W/cm2 and distance between target-substrates were made to 60mm, and they made substrate temperature 150 degrees C - 250 degrees C for power flux density. In addition, the target 43 used the compound target which arranges and constituted 32-48 chips (size : 5x5x1mm) of Sm as an object for the hard magnetism ground layers 53 in the neighborhood which should serve as eroticism-JON area on Co with a diameter of 203mm. Moreover, as an object for the soft-magnetism ground layers 4, a Co-Zr5-Nb4 at% alloy with a diameter of 203mm is used for a target 43, and the Co-Cr15-Ta4 at% alloy of the same size is used for it as an object for the vertical-magnetic-recording layers 5, and it is SiO2 of the same size as an object for protective layers 6. It was used.

[0042] First, the hard magnetism ground layer 53 was formed by 100 or 200nm thickness by using as a target 43 the Co-Sm compound target mentioned above on the soda lime glass substrate 1 with a diameter of 95mm by which the mirror finish was carried out. Although composition of Sm in the hard magnetism ground layer 53 changed with the numbers of Sm chips, the arrangement relations, and spatter power on a compound target, obtained Sm composition ratio was 11 - 33at%.

[0043] Subsequently, 75nm of vertical-magnetic-recording layers 5 was formed by using a Co-Zr5-Nb4 at% alloy as a target 43, having used the Co-Cr15-Ta4 at% alloy as the target 43 for the soft-magnetism ground layer 4 immediately after 500nm membrane formation. By forming membranes immediately here, Co-Zr-Nb and Co-Cr-Ta couple directly, and the vertical-magnetic-recording layer 5 which carries out perpendicular orientation strongly is obtained. Moreover, since the magnetic field of about 4 kA/m is always added to radial [ of a substrate 1 ] with the magnets 41 and 42 of a magnetron during membrane formation, magnetization and easy axis of the hard magnetism ground layer 53 and the soft-magnetism ground layer 4 are arranged with radial [ of a substrate 1 ]. It is SiO2 as a protective layer 6 to the last. 15nm was formed.

[0044] Thus, after finishing membrane formation, the same heat treatment as an example 1 among a magnetic field was performed. That is, in the atmosphere in a vacuum of 10 - 3 or less Pa, rotating the vertical-magnetic-recording medium 50 after membrane formation around the center-of-rotation shaft in the magnetic field of 24 kA/m, at 300 degrees C, heat treatment of 3

hours was performed and the vertical-magnetic-recording medium 50 was obtained.

[0045] Here, in order to carry out property comparison with this example 2, an above-mentioned example 1 and the above-mentioned example 3 of comparison were used. The vertical-magnetic-recording medium of the example 3 of comparison was manufactured independently. The vertical-magnetic-recording medium 51 of the example 3 of comparison is constituted as shown in drawing 11, and it consists of a glass substrate 1, and the soft-magnetism ground layer 4, the vertical-magnetic-recording layer 5 and protective layer 6 which were formed in order on this. The quality of the material and the membrane formation conditions of each class 4, 5, and 6 are the same as that of the case of the above-mentioned example 2.

[0046] Next, the characterization result of these samples (an example 2, an example 1, and example 3 of comparison) is explained. First, record reproducing characteristics are described. in addition, the record reproducing characteristics about these samples -- 8 micrometers of width of recording track, and the main pole -- thick -- it measured using the single magnetic pole head of 0.4 micrometers and coil number-of-turns 60 turn on the conditions of disk rotational frequency 2070rpm, linear-velocity 8 m/s, and 80nm of head flying heights

[0047] Record reproduction of the 100kHz square wave signal was carried out, and solitary-wave reproduction output Ep-p (nV/(micrometer-t-m/s)) was measured with the oscilloscope. Here, reproduction outputs are the width of recording track (micrometer), coil number of turns (t), and linear velocity (m/s), and are standardized. The ratio to the example 1 of comparison was expressed with dB. 6. Record reproduction of the signal of 67 MHz was carried out, the difference of the noise component at that time and a system noise was measured by the spectrum analyzer over 16MHz of bands, and the medium noise ( $\mu\text{Vrms}$ ) was obtained. The ratio to the example 1 of comparison was expressed with dB. The above-mentioned solitary-wave reproduction output Ep-p The ratio of a medium noise was made into S/N and the ratio to the example 3 of comparison was expressed with dB. Moreover, a reproduction output immediately after carrying out the rotation start of the vertical-magnetic-recording medium and  $2 \times 10^4$  The ratio of the reproduction output after rotation was made into the amount of demagnetization (dB), and the ratio to an example 1 was expressed with dB. The above measurement result is shown in Table 2.

[0048]

[Table 2]

特性 試料	再生出力 (dB)	ノイズ (dB)	S/N (dB)	減磁量 (dB)
実施例2	0.71	-1.38	2.1	0
実施例1	1.35	1.47	-0.1	0.13
比較例3	0	0	0	4.5

[0049] According to Table 2, a reproduction output increases the vertical-magnetic-recording medium 50 of the example 2 of this invention to the example 3 of comparison which does not have the hard magnetism ground layer 53, the medium noise is falling and S/N is sharply improved with 2.1dB as a result. To the example 3 of comparison, S/N of an example 1 is equivalent. The vertical-magnetic-recording medium 50 by this invention is equivalent to the example 1 which is improved by even the measurement limitation grade about the amount of demagnetization, and has improved the amount of demagnetization.

[0050] Next, magnetic properties are explained. VSM estimated the magnetic properties of a vertical-magnetic-recording medium. First, the magnetic properties of a CoSm film simple substance are explained. Drawing 15 is drawing showing the M-H curve of the CoSm film simple substance which constitutes the hard magnetism ground layer 53 in the example 2 of the vertical-magnetic-recording medium of this invention, and shows a circumferencial direction and radial measurement result about the inside of the field of the disc-like substrate 1. A radial M-H curve shows the square shape ratio of about 1, and, on the other hand, the M-H curve of a circumferencial direction shows a loose inclination as seen to this drawing. This shows carrying out orientation of the CoSm film to radial strongly. Moreover, the same M-H curve was obtained by composition ratio [ of Sm ] 11 - 33at% of within the limits, and coercive force Hc was the range of 50-100Oe. In addition, this CoSm film is manufactured like the process of the hard magnetism ground layer 53 mentioned above, and heat treatment among a magnetic field is also carried out.

[0051] Next, the M-H curve of the compound layer of a hard magnetism ground layer / soft-magnetism ground layer is explained. First, the simulation in consideration of the magnetic interaction performed presumption of the M-H curve of the compound layer when using a CoSm film as a hard magnetism ground layer, and using a CoZrNb film as a soft-magnetism ground layer. The M-H curve of the CoSm film used for the simulation and a CoZrNb film simple substance is shown in drawing 16. Drawing 17 shows the M-H curve obtained as a result of carrying out a simulation noting that there was no magnetic interaction (magnetostatic combination and switched connection) between a CoSm film and a CoZrNb film about the compound layer of a CoSm film and a CoZrNb film. That is, the result which piled up two curves in drawing 16 simply is obtained.

[0052] On the other hand, drawing 18 shows the M-H curve obtained as a result of carrying out a simulation noting that only the magnetic interaction of switched connection was between the CoSm film and the CoZrNb film about the compound layer of a CoSm film and a CoZrNb film. The apparent coercive force Hc is large. Moreover, drawing 20 shows the M-H curve obtained as a result of carrying out a simulation noting that only the magnetic interaction of magnetostatic combination was between the CoSm film and the CoZrNb film about the compound layer of a CoSm film and a CoZrNb film. The apparent coercive force Hc shows the negative value.

[0053] The M-H curve of an actual bipolar membrane is shown in drawing 14. In drawing 14, (A) shows the M-H curve of the compound layer of the soft-magnetism ground layer / hard magnetism ground layer from which (B) constitutes the example 2 of

the vertical-magnetic-recording medium of this invention for an M-H curve in case an interlayer is between the compound layers of the soft-magnetism ground layer / hard magnetism ground layer which constitutes the example 2 of the vertical-magnetic-recording medium of this invention, respectively. In addition, considering a CoZrNb film as an interlayer, it is 2nm SiO<sub>2</sub> considering a CoSm film as a soft-magnetism ground layer as a hard magnetism ground layer. The layer was formed like the above-mentioned example 2.

[0054] The M-H curve shown in drawing 14 (A) is the M-H curve and similarity which are shown in drawing 17, and the magnetic interaction of a CoSm film and a CoZrNb film is cut off by existence of an interlayer. On the other hand, it is the M-H curve and similarity which are shown in drawing 18, and, as for the M-H curve shown in drawing 14 (B), it turns out that switched connection strong between a CoSm film and a CoZrNb film is acting. In addition, the form of an M-H curve shown in drawing 20 shows not acting, if magnetostatic combination is independent between a CoSm film and a CoZrNb film.

[0055] About each sample, the M-H curve was measured and relation between the impression magnetic field of the compound layer of a soft-magnetism ground layer / hard magnetism ground layer and the reversal magnetic field of the minor loop corresponding to the magnetic field was clarified. The M-H (magnetization) curve of the compound layer of a soft-magnetism ground layer / hard magnetism ground layer is explained. First, the minor loop which shows the relation of the impression magnetic field H and the reversal magnetic field H<sub>m</sub> which were shown in drawing 19, and which are acquired about a compound layer is explained. drawing 19 -- setting -- a horizontal axis -- the intensity of the impression magnetic field H -- in a vertical axis, u shows a saturation magnetization curve (portion) and v shows a minor loop for Magnetization M, respectively. In addition, since measurement of this M-H curve was performed to the field inboard of a substrate 1 by impressing a magnetic field, even if there is a vertical-magnetic-recording layer 5, since this vertical-magnetic-recording layer 5 has a perpendicularly strong anisotropy in the 1st page of a substrate, it turns out that the measurement result described below is not affected.

[0056] First, if the magnetic field H which increases in the right direction is impressed to the compound layer which is not magnetized, the initial magnetization curve which is not shown in drawing will be followed, and it will be magnetized in the right direction, and will amount to a points which are the magnetic field strength enough saturated in the right direction in a hard magnetism ground layer, and Magnetization M will be saturated in the right direction. Next, if the impression magnetic field H is decreased, Magnetization M follows Curve u and decreases. If a magnetic field H amounts to 0, the magnetic field H is made to increase in the negative direction shortly. A magnetic field H shows according to c points. - Magnetization M will be set to 0 if H<sub>c</sub> (coercive force) is reached. Furthermore, if a magnetic field H is made to increase in the negative direction, a compound layer will be magnetized in the negative direction, and if a magnetic field H is set to -H<sub>1</sub>, it will amount to b points.

[0057] Next, if a magnetic field is reversed in b points and a magnetic field H is changed in the right direction, an M-H curve draws a minor loop and Magnetization M changes along with Curve v. And the magnetic field H shown according to d points when Magnetization M is set to 0 is searched for as H<sub>m</sub> (H<sub>1</sub>) (let H<sub>m</sub> be a reversal magnetic field). If a magnetic field H is furthermore changed in the right direction, it will be magnetized in the right direction and will amount to a points again. This operation was repeated and it asked for the relation between the impression magnetic field H and the reversal magnetic field H<sub>m</sub>.

[0058] A relation with the reversal magnetic field H<sub>m</sub> of the minor loop corresponding to the impression magnetic field H and its magnetic field of the compound layer of soft-magnetism ground layer 3 / hard magnetism ground layer 2 at the time of being Co-Sm in which the hard magnetism ground layer 2 which is the example 2 of this invention carried out radius orientation to drawing 12 is shown with an example 1. In this example 2, as for H<sub>m</sub>, H shows the value with negative [ fixed ] to 50Oe(s) (4 kA/m). This thing shows that it returns to the original magnetization state again, if a magnetic field will be returned to 0 in the preservation state of a medium even if a magnetic field smaller than 50Oe joins magnetization and opposite direction of the hard magnetism ground layer 53.

[0059] On the other hand, in the compound layer of the 3/hard magnetism ground layer 7 of soft-magnetism ground layers of an example 1 H<sub>m</sub> is changing in monotone to the impression magnetic field H. this If the magnetic field slightly exceeding coercive force joins opposite direction, when not returning to the original magnetization state but using a medium at the time of medium preservation It is shown that there is a danger of causing demagnetization and a spike noise (of course, as the above-mentioned example 1 explained, to the conventional example, the coercive force itself is large far, and it is clear that demagnetization is improved).

[0060] Next, the result which investigated the crystallinity of the hard magnetism ground layers 53 and 3 by the X-ray-analysis method is explained. Drawing 13 is drawing showing the X diffraction pattern of the vertical-magnetic-recording medium of the example 1 of the vertical-magnetic-recording medium of this invention, and an example 2. As shown in this drawing, in the hard magnetism ground layer 3 of an example 1, the clear peak of bcc-Cr and hcp-CoCrTa was observed, and it turns out that it is a crystalline substance clearly. On the other hand, in the hard magnetism ground layer 53 of this example 2, the peak from CoSm was not observed but this showed that the hard magnetism ground layer 53 is amorphous or that it was the quality of a microcrystal. In addition, for diffraction, Cu target was used, and in the case of the example 2, in order to check a diffraction peak, 4 times as many target current as this was passed to the example 1.

[0061] Furthermore, when the thin film front face of the hard magnetism ground layers 53 and 3 independently produced on the substrate 1 was observed with the scanning electron microscope (SEM), about the hard magnetism ground layer 3 of an example 1, to clear crystal grain having been observed, crystal grain was not looked at by CoSm of the hard magnetism ground layer 53 of this example 2, but it found that a front face was also smooth for it.

[0062] In addition, what is necessary is just to set up the magnetic properties of the hard magnetism ground layer 53 to be used, and the range of thickness so that it may be determined in the magnetic properties of the soft-magnetism ground layer 4, and

connection with thickness and the magnetic field to which Hm starts may become sufficiently large in the curve shown in drawing 12 compared with a visitor magnetic field, for example, so that it may become 500 or more A/m.

[0063]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the vertical-magnetic-recording medium of this invention by the claim 1 In the vertical-magnetic-recording medium equipped with the disc-like substrate, the soft-magnetism ground layer formed on this substrate, and the vertical-magnetic-recording layer formed on this soft-magnetism ground layer By having prepared the hard magnetism ground layer which has the magnetization all whose magnetization directions are either the radial periphery sense of the aforementioned substrate, or the main sense between the aforementioned substrate and the aforementioned soft-magnetism ground layer The demagnetization by rotation of a medium can be prevented, a medium noise can be reduced, a high reproduction output can be obtained, and, thereby, a highly efficient and quality vertical-magnetic-recording medium can be offered.

[0064] Moreover, according to the vertical-magnetic-recording medium of this invention by the claim 2, it sets to the vertical-magnetic-recording medium equipped with the disc-like substrate, the soft-magnetism ground layer formed on this substrate, and the vertical-magnetic-recording layer formed on this soft-magnetism ground layer. By having prepared the orientation hard magnetism ground [ in which all the magnetization directions are either the radial periphery sense of the aforementioned substrate, or the main sense, and the direction of orientation is in the field of the aforementioned substrate ] layer within a field between the aforementioned substrate and the aforementioned soft-magnetism ground layer The demagnetization by rotation of a medium can be prevented, a medium noise can be reduced, a high reproduction output can be obtained, and, thereby, a highly efficient and quality vertical-magnetic-recording medium can be offered.

[0065] Moreover, according to the vertical-magnetic-recording medium of this invention by the claim 3, it sets to the vertical-magnetic-recording medium equipped with the disc-like substrate, the soft-magnetism ground layer formed on this substrate, and the vertical-magnetic-recording layer formed on this soft-magnetism ground layer. By having prepared the radius orientation hard magnetism ground [ in which all magnetization is either the radial periphery sense of the aforementioned substrate, or the main sense, and the direction of orientation is radial / aforementioned ] layer between the aforementioned substrate and the aforementioned soft-magnetism ground layer The demagnetization by rotation of a medium can be prevented, a medium noise can be reduced, a high reproduction output can be obtained, and, thereby, a highly efficient and quality vertical-magnetic-recording medium can be offered.

[0066] Moreover, according to the vertical-magnetic-recording medium of this invention by the claim 4, it is a vertical-magnetic-recording medium according to claim 3, and by having used the aforementioned radius orientation hard magnetism ground layer as Co alloy film containing Sm (SAMARYUUMU), the demagnetization by rotation of a medium can be prevented, a medium noise can be reduced, a high reproduction output can be obtained, and, thereby, a highly efficient and quality vertical-magnetic-recording medium can be offered.

---

[Translation done.]